

УДК [621.31+620.9]: 691

Ю.И. Казанцев, доц., канд. техн. наук, В.Ф. Мануйлов, доц.
Кировоградский национальный технический университет

Энергетические характеристики группы предприятий с массовым выпуском продукции и с многономенклатурным производством

В статье показан вывод энергетических характеристик группы предприятий методами математической статистики.

Основой нормирования электропотребления и его рационального использования на промышленных предприятиях являются энергетические балансы и энергетические характеристики.

Последние могут быть выражены следующими зависимостями:

$$\underline{P} = f(A); \quad (1)$$

$$W = f(A); \quad (2)$$

$$w = f(A); \quad (3)$$

$$\frac{w}{p_y} = f(\alpha), \quad (4)$$

где \underline{P} – потребляемая мощность, кВт;

W – общий расход электроэнергии, кВт·час;

w – удельный расход электроэнергии, кВт·час/ед.продукции;

A – выпуск продукции предприятием;

A_0 – проектный выпуск продукции предприятием;

\underline{P}_y – установленная мощность предприятия, кВт;

$p_y = \frac{\underline{P}_y}{A_0}$ – удельная установленная мощность предприятия;

$\alpha = \frac{A}{A_0}$ – выпуск продукции в относительных единицах.

Исследования в этой области заложены в работах Вейца В.И., Гофмана И.В., Авилова–Карнаухова Б.Н., Ястребова П.П., Волобринского С.Д. и др.

Характеристика (4) названа основной энергетической характеристикой [1]. Из нее легко получить производные энергетические характеристики:

$$w = f(\alpha, p_y) \text{ и } K_u = f(\alpha).$$

Целью данной статьи является определение значимости и реальности существования корреляционной связи между основными электроэнергетическими показателями предприятий и выпускаемой продукцией, вывод энергетических характеристик, являющихся основой нормирования электропотребления и рационального его использования.

Однако использование энергетических характеристик для нормирования электропотребления предприятий с многономенклатурным производством невозможно без предварительного приведения этой номенклатуры к одной условной (натуральной) единице.

Покажем вывод основной энергетической характеристики Харьковского плиточного завода выпускаемого 3 вида продукции: метлахскую плитку, облицовочную плитку и фасадную керамику. Режим работы предприятия непрерывный, трехсменный.

Установленная мощность силовых электроприемников завода 8320 кВт.

Данные по проектной производительности завода приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Проектный выпуск продукции завода

N п/п	Вид продукции	единица измерения	A_0
1	Метлахская плитка	$m^2 / сутки$	10322
2	Облицовочная плитка	-//-	6710
3	Фасадная керамика	-//-	581

В основу вывода расчетно-опытных связей для данного завода положена зависимость (4)

$$\frac{w}{P_y} = f(\alpha).$$

Показатели, входящие в эту зависимость могут быть получены по данным повседневного учета электроэнергии и выпуска продукции.

Опытные данные по суточному электропотреблению и выпуску продукции были собраны за 45 суток. Выпуск натуральной продукции снимался по каждому виду отдельно.

В качестве показателя нормирования принята условная натуральная единица в m^2 , приведенная по энергоемкости к фасадной керамике, как к наиболее энергоемкой.

Для определения коэффициентов энергоемкости необходимо предварительно определить удельные расходы электроэнергии на каждый из 3-х видов выпускаемой продукции.

Для этого составляется исходная система из трех уравнений вида:

$$\left. \begin{aligned} W_1 &= A_1x + B_1y + C_1z \\ W_2 &= A_2x + B_2y + C_2z \\ W_3 &= A_3x + B_3y + C_3z \end{aligned} \right\}, \quad (5)$$

где A_1, A_2, A_3 – суточные выпуски метлахской плитки;

B_1, B_2, B_3 – суточные выпуски облицовочной плитки;

C_1, C_2, C_3 – суточные выпуски фасадной керамики;

x, y, z – удельные расходы на выпуск метлахской плитки, облицовочной плитки фасадной керамики соответственно, кВт·ч/ m^2 .

Подставляя в уравнение (5) конкретные значения по данным повседневного учета имеем для первых трех суток:

$$\left. \begin{aligned} 58310 &= 10799x + 7503y + 490z \\ 58320 &= 10733x + 7585y + 529z \\ 57600 &= 11545x + 7189y + 593z \end{aligned} \right\}. \quad (6)$$

Решая эту систему методом Гаусса имеем:

$$x = 2,15; \quad y = 5,12; \quad z = -6,86.$$

Как видно из полученного решения удельный расход на выпуск фасадной керамики $z = w_c$ имеет отрицательное значение, не имеющего физического смысла.

Системы типа (6) относятся к плохообусловленным системам, линейных алгебраических уравнений и, следовательно, к некорректным связям, решение которых может быть осуществлено после их, например, регуляции по Тихонову [2].

В данной статье предлагается заменить решение системы (6) методом Гаусса решением на экстремум функции:

$$E^2 = e = \sum_{i=1}^n [(A_i x + B_i y + C_i z) - W_i]^2 = \min. \quad (7)$$

То-есть ставится задача отыскания значений переменных x, y, z при которых разность E между правой и левой частью системы возведенной в квадрат будет минимальной. Решая эту задачу как нахождение экстремума функции нескольких переменных на ЭВМ для уравнения (6) были получены следующие значения удельных расходов электроэнергии:

$$x = 1.5 \quad \frac{\kappa Bm \cdot ч}{M^2}; \quad y = 5,0 \quad \frac{\kappa Bm \cdot ч}{M^2}; \quad z = 8.15 \quad \frac{\kappa Bm \cdot ч}{M^2},$$

а значение $E = 780 \kappa Bm \cdot час$, что составляет от величины $W = 58310 \kappa Bm \cdot ч$ около 1,4%.

В дальнейшем было составлено и решено 15 таких систем. Их решение дало следующие усредненные значения удельных расходов электроэнергии.

$$\begin{aligned} \bar{w}_A = \bar{x} &= 1.799 \quad \kappa Bm \cdot ч / M^2 \\ \bar{w}_B = \bar{y} &= 4.79 \quad \kappa Bm \cdot ч / M^2; \\ \bar{w}_c = \bar{z} &= 7.82 \quad \kappa Bm \cdot ч / M^2 \end{aligned}$$

Приняв за базисную энергоемкость фасадной керамики найдем значения коэффициентов энергоемкости:

$$\begin{aligned} K_A = \frac{\bar{x}}{\bar{z}} &= \frac{1.799}{7.82} = 0.23 \\ K_B = \frac{\bar{y}}{\bar{z}} &= \frac{4.79}{7.82} = 0.635; \\ K_C = \frac{\bar{z}}{\bar{z}} &= \frac{7.82}{7.82} = 1.0 \end{aligned}$$

Тогда условный натуральный выпуск продукции может быть определен так:

$$A_{усл} = K_A \cdot A + K_B \cdot B + K_C \cdot C. \quad (8)$$

Проектный выпуск продукции в тех же единицах найдется из выражения:

$$\begin{aligned} A_{0,усл.} &= K_A \cdot A_0 + K_B \cdot B_0 + K_C \cdot C_0 = \\ &= 0,23 \cdot 10322 + 0,635 \cdot 6710 + 1 \cdot 581 = 7221 \quad \frac{M^2 \cdot усл}{сутки} \end{aligned} \quad (9)$$

Удельная установленная мощность завода:

$$P_y = \frac{P_y}{A_{0,усл.}} = \frac{8320}{7221} = 1,15 \quad \frac{\kappa Bm}{M^2 \cdot усл.} \quad (10)$$

Приведенная к виду $\frac{w}{p_y}$ и α исходная информация сгруппирована в форме двойной корреляционной таблицы, которая является основной для вывода связи (4) стохастическим методом.

Таблица 2 – Двойная корреляционная таблица к связи $\frac{w}{p_y} = f(\alpha)$

$\alpha_h \backslash \left(\frac{w}{p_y}\right)_i$	0.98	1.02	1.06	11.1	1,14	1,18	n_i
6,0				1		2	3
6.3		7	5	3	3		18
6.6		5	9	5			19
6.9	2	1		1			4
7.2							0
7.5	1						1
n_h	3	13	14	10	3	2	n=45
$\left(\frac{w}{p_y}\right)_i$	7.10	6.46	6.49	6.48	6.3	6.0	

Для определения реальности существования и формы связи (4) находим показатели статистической связи (Вспомогательные расчеты здесь не проводятся).

1. Полные средние:

$$\bar{\alpha} = \frac{1}{n} \sum n_h \cdot \alpha_h = \frac{47.82}{45} = 1.062$$

$$\left(\frac{\bar{w}}{p_y}\right) = \frac{1}{n} \sum n_i \cdot \left(\frac{w}{p_y}\right)_i = \frac{291.9}{45} = 6.486$$

2. Стандарты (ско):

$$\sigma_{\alpha} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum n_h \cdot \alpha_h^2 - \bar{\alpha}^2} = \sqrt{\frac{1}{45} \cdot (50.92 - 1.129)} = 0.048$$

$$\sigma_{\left(\frac{w}{p_y}\right)} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum n_i \left(\frac{w}{p_y}\right)_i^2 - \left(\frac{\bar{w}}{p_y}\right)^2} = \sqrt{\frac{1}{88} \cdot 1896.45 - 42.07} = 0.27$$

3. Ковариация:

$$\mu_{II} = \frac{1}{n} \sum n_{h,i} \cdot \alpha_h \cdot \left(\frac{w}{p_y}\right)_i - \bar{\alpha} \cdot \left(\frac{\bar{w}}{p_y}\right) = \frac{1}{45} \cdot 309.894 - 1.062 \cdot 6.486 = -0.0066;$$

4. Коэффициент корреляции:

$$r = \frac{\mu_{II}}{\sigma_{\alpha} \cdot \sigma\left(\frac{w}{p_y}\right)} = -\frac{0.0066}{0.048 \cdot 0.27} = -0.51.$$

Коеффіцієнт кореляції оцінюється по соотношению:

$$|r|\sqrt{n-1} > 3; \quad 0.51 \cdot \sqrt{45-1} = 3.38 > 3,$$

чем определяется его значимость и реальность существования корреляционной связи;

5. Корреляционное отношение:

$$\eta = \frac{\sigma\left(\frac{\bar{w}}{p_y}\right)}{\sigma\left(\frac{w}{p_y}\right)} = \frac{0.195}{0.27} = 0.72,$$

$$\text{где } \sigma\left(\frac{w}{p_y}\right) = \sqrt{\frac{1}{n} \sum n_h \left(\frac{w}{p_y}\right)_h^2 - \left(\frac{\bar{w}}{p_y}\right)^2} = 0.195;$$

6. Критерий T_{η} находим по соотношению:

$$T_{\eta} = \frac{(n-S) \cdot (\eta^2 \cdot r^2)}{(S-2) \cdot (1-\eta^2)} = 5.3,$$

где S - число строк корреляционной таблицы.

По таблице F-распределения [7] при 5% пределе и степенями свободы $K_1 = S - 2 = 4$, $K_2 = n - S = 45 - 6 = 39$ находим значение $T_{табл} = 2,63$. Так как $T_{\eta} > T_{табл}$, то это указывает на существенное различие между η и r и, следовательно

на наличие нелинейной связи между $\left(\frac{w}{p_y}\right)$ и α .

Теоретические исследования и практические данные позволяют предположить, что нелинейная связь (4) имеет в первом приближении форму гиперболы, а для более широкого диапазона изменения – форму кривой гиперболического типа. В последнем случае связь может иметь составляющую, пропорциональную α^{-1} или $\alpha^{-\frac{1}{2}}$.

Это предположение может быть принято если средняя квадратическая погрешность $\sigma\%$, полученной связи не будет превышать допустимой для практических расчетов величины.

В общем случае эта связь может быть выражена полиномом:

$$Y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \dots + a_p x^p. \quad (11)$$

$$\text{Здесь } Y = \left(\frac{w}{p_y}\right); \quad x = \frac{1}{\sqrt{\alpha}} = \alpha^{-\frac{1}{2}}.$$

Для вычисления коэффициентов уравнения (11) в соответствии с методом наименьших квадратов [5] составляется система нормальных уравнений. Например, для полинома второй степени:

$$Y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2$$

эта система имеет вид:

$$\left. \begin{aligned} na_0 + a_1 \sum n_x x + a_2 \sum n_x x^2 &= \sum n_x \bar{Y}_h \\ a_0 \sum n_x x + a_1 \sum n_x x^2 + a_2 \sum n_x x^3 &= \sum n_x \cdot x \cdot \bar{Y}_h \\ a_0 \sum n_x x^2 + a_1 \sum n_x x^3 + a_2 \sum n_x x^4 &= \sum n_x \cdot x^2 \cdot \bar{Y}_h \end{aligned} \right\}. \quad (12)$$

Здесь $n_x = n_h$ - число отсчетов при данном $x = \alpha^{-\frac{1}{2}}$;

\bar{Y}_h - частные средние, значения которых указаны в корреляционной таблице.

Подставив в (12) конкретные значения (вспомогательные расчеты не приведены) будем иметь:

$$\left. \begin{aligned} 45a_0 + 43.68a_1 + 42.308a_2 &= 291.899 \\ 43.68a_0 + 42.308a_1 + 41.237a_2 &= 283.52 \\ 43.308a_0 + 41.237a_1 + 40.039a_2 &= 275.314 \end{aligned} \right\}.$$

Решая эту систему методом Гаусса с выбором главного элемента получим значения коэффициентов:

$$a_0 = 3.07; \quad a_1 = 1.67; \quad a_2 = 1.9.$$

Тогда энергетическая характеристика будет иметь вид:

$$Y_p = 3.07 + 1.67 \cdot x + 1.9x^2,$$

или

$$\left(\frac{w}{p_y} \right) = 3.07 + 1.67 \cdot \alpha^{-\frac{1}{2}} + 1.9 \cdot \alpha^{-1}. \quad (13)$$

Погрешность выведенной связи определяется по формуле:

$$\sigma\% = \sqrt{\frac{1}{n-c} \sum \left[\frac{Y - \bar{Y}_h}{Y} \right]^2 \cdot n_h} = \sqrt{\frac{1}{45-3} \cdot 185.05} = 2.1,$$

где c – число неизвестных параметров.

Расчетно-опытная связь вида (11) была выражена также полиномами 3-го и 4-го порядков относительно $x = \alpha^{-\frac{1}{2}}$.

Однако минимальную погрешность дает уравнение (13). Оно и рекомендуется для практических расчетов.

Умножив обе части уравнения (13) на p_y , найдем зависимость удельного расхода электроэнергии w в функции α и p_y , т. е.:

$$w = (3.07 + 1.67 \cdot \alpha^{-\frac{1}{2}} + 1.9 \cdot \alpha^{-1}) \cdot p_y, \quad \frac{\text{кВт} \cdot \text{час}}{\text{м}^2 \text{ усл}}. \quad (14)$$

Из уравнения (13) нетрудно определить и коэффициент использования установленной мощности электроприемников, умножив обе части его на α .

$$\left(\frac{w}{p_y} \right) \cdot \alpha = 24 \cdot K_u = 3.07 \cdot \alpha + 1.67 \cdot \alpha^{\frac{1}{2}} + 1.9. \quad (15)$$

Уравнение (13) может быть предложено для практического расчета удельного расхода электроэнергии в целом по заводу, а метод его вывода для использования по другим цехам и заводам. При этом в качестве показателя нормирования используется условная натуральная единица в $\text{м}^2 \text{ усл}$. Обратный переход к натуральным единицам может быть осуществлен через известные значения коэффициентов энергоемкости и удельных расходов электроэнергии на соответствующий выпуск продукции.

Аналогичные исследования проведены и на других предприятиях данной отрасли.

Ниже приведены полученные энергетические характеристики этих предприятий и их среднеквадратические погрешности.

1. Харьковский керамический завод:

$$\frac{w}{p_y} = -0.0007 - 7.67 \cdot \alpha^{-\frac{1}{2}} + 13.82 \cdot \alpha^{-1} \quad \text{‰} \quad \sigma\% = 2.03;$$

$$w = (-0.0007 - 7.67 \cdot \alpha^{-\frac{1}{2}} + 13.82 \cdot \alpha^{-1}) \cdot p_y, \quad \frac{\text{тыс.кВт} \cdot \text{час}}{\text{м}^2 \text{ усл}};$$

2. Константиновский стекольный завод:

$$w = 10,74A + 57,44 \quad \frac{\text{тыс.кВт} \cdot \text{час}}{\text{сутки}} \quad \sigma\% = 1,14;$$

3. Херсонский завод стеклоизделий:

$$w = (-0.082 + 0,1685 \cdot \alpha^{-\frac{1}{2}}), \quad \frac{\text{тыс.кВт} \cdot \text{час}}{\text{усл.тонну}}. \quad \sigma\% = 2,97;$$

4. Цех силиката натрия Херсонского завода стеклоизделий:

$$w = 7,29 + \frac{0,255}{A}, \quad \frac{\text{тыс.кВт} \cdot \text{час}}{\text{тыс.тонн}}. \quad \sigma\% = 4,38;$$

5. Львовский механизированный стеклозавод:

$$w = (-8,948 - 23,71 \cdot \alpha^{-\frac{1}{2}}) \cdot p_y, \quad \frac{\text{тыс.кВт} \cdot \text{час}}{\text{м}^2} \quad \sigma\% = 2,13;$$

6. Бучанский стеклотарный завод:

$$w = 415 + \frac{2245}{A}, \quad \frac{\text{кВт} \cdot \text{час}}{\text{тыс.усл.труб}}. \quad \sigma\% = 1,14;$$

7. Одесский стекольный завод:

$$\frac{w}{p_y} = -0.703 + 16.82 \cdot \alpha^{-1}, \quad \text{‰} \quad \sigma\% = 1,6.;$$

$$w = (-0.703 + 16.82 \cdot \alpha^{-1}) \cdot p_y, \quad \frac{\text{МВт} \cdot \text{час}}{\text{тонну}}.$$

При исследовании электропотребления по вышеуказанным цехам и предприятиям использовались различные виды энергетических характеристик вида (2), (3), (4), а также показатели нормирования (натуральные и условные). Для всех предприятий погрешность выведенных связей не превышает 5%.

Выводы.

1. Для группы однородных цехов и предприятий доказаны значимость и реальность существования корреляционной связи между основными электроэнергетическими показателями и выпускаемой продукцией.

2. Предложена методика использования энергетических характеристик для нормирования электропотребления для предприятий с многономенклатурным производством.

3. Полученные связи с погрешностью, не превышающей 5%, могут быть положены в основу практических расчетов по нормированию электропотребления, а метод их вывода – для дальнейших исследований.

Список литературы

1. Авилов-Карнаухов Б.Н. Электроэнергетические расчеты для угольных шахт. -М.: Недра, 1969.
2. Тихонов А.И., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач.- М.: Наука, 1979.
3. В.И. Романовский. Математическая статистика, кн. 2. Изд-во А.Н. СССР, 1961,
4. Ястребов П.П. Использование и нормирование электроэнергии в процессах переработки и хранения хлебных культур. М.: Колос, 1973.
5. Ю.В. Линник. Метод наименьших квадратов и основы математической теории обработки наблюдений. Физмат гиз, 1972.
6. Ю.И. Казанцев. Основная энергетическая характеристика промышленных предприятий с массовым выпуском однородной продукции. Известия С.О. А.Н. СССР, №3, 1970.
7. Г.А. Соколов, И.М. Гладких. Математическая статистика. - М.: Экзамен, 2007.

Ю. Казанцев, В. Мануйлов

Энергетические характеристики группы предприятий с массовым выпуском продукции и с многономенклатурным производством

В статье показан вывод энергетических характеристик группы предприятий.

Одержано 23.11.09

УДК 378.147

Л.В.Філіппова, викл.

Кіровоградський національний технічний університет

Використання методик САТ у викладанні англійської мови

Стаття розглядає роль технології САТ як складової комунікативно-спрямованої програми викладання англійської мови.

оцінювання, зворотній зв'язок, моніторинг

Вивченню ролі зворотного зв'язку в навчальному процесі присвячено багато досліджень, в центрі уваги яких – питання критичного оцінювання навчання, його вплив на світогляд, знання студентів. Технологія САТ, тобто методика оцінювання навчального процесу, заслуговує на особливу увагу як важлива складова комунікативно-спрямованої програми викладання англійської мови. Під терміном «*classroom assessment*» мається на увазі оцінювання процесу навчання в конкретній студентській групі, встановлення та підтримування зворотного зв'язку з метою поліпшення навчального процесу. Цей термін відрізняється від терміна «*classroom evaluation*», мета якого – оцінювання знань студентів у балах.

Як і більшість освітніх програм сьогодні, програма викладання англійської мови справедливо приділяє значну увагу компоненту оцінювання, беручи його за основний показник ефективності програми та якості навчання.

Зорієнтована на інтегрований розвиток усіх основних мовних умінь та навичок, програма передбачає оцінювання набутих студентами знань шляхом проведення